



国家出版基金项目

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

中国战略性新兴产业——新材料

太阳能新材料

中国材料研究学会组织编写

丛书主编 ◎黄伯云

编 著◎姜希猛 等

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



国家出版基金项目

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

中国战略性新兴产业——新材料

太阳能新材料

中国材料研究学会组织编写

丛书主编 黄伯云

丛书副主编 韩雅芳

编 著 姜希猛 等

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

“中国战略性新兴产业——新材料”丛书是中国材料研究学会组织编写的，被新闻出版广电总局批准为“十二五”国家重点出版物出版规划项目，并获 2016 年度国家出版基金资助。丛书共 16 分册，涵盖了新型功能材料、高性能结构材料、高性能纤维复合材料等 16 种重点发展的材料。本分册为《太阳能新材料》。

太阳能新材料具有优异的热性能和发电性能，对于促进我国太阳能光热和光伏应用的发展具有巨大的促进作用。太阳能新材料种类繁多，本书着重论述了太阳能光热新材料中的透明隔热气凝胶、太阳能选择性吸收涂层和碳纤维材料，太阳能光伏新材料中的太阳能电池材料、光伏组件材料和光伏建材，以及太阳能应用中必不可少的储能材料。同时论述了发展我国太阳能新材料的产业背景、战略意义，以及在国民经济和国防建设重大工程中的地位和作用；提出了发展我国太阳能材料产业的主要任务及应对策略。

本书可供新材料和太阳能研究院所、高等院校、新材料和产业界、政府相关部门、新材料和中介咨询机构等人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国战略性新兴产业. 新材料. 太阳能新材料/姜希猛等编著. —北京:
中国铁道出版社, 2017. 12
ISBN 978-7-113-23420-1

I. ①中… II. ①姜… III. ①新兴产业-产业发展-研究-中国②太阳能
应用材料-产业发展-研究-中国 IV. ①F121. 3②F426. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 171212 号

书 名：中国战略性新兴产业——新材料
 太阳能新材料
作 者：姜希猛 等 编著

策 划：李小军
责任编辑：李小军 许 璐
封面设计：MXK DESIGN
责任校对：张玉华
责任印制：郭向伟

读者热线：(010) 63550836

出版发行：中国铁道出版社（100054，北京市西城区右安门西街 8 号）
网 址：<http://www.tdpress.com/51eds>
印 刷：中煤（北京）印务有限公司
版 次：2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷
开 本：787 mm×1 092 mm 1/16 印张：12 字数：260 千
书 号：ISBN 978-7-113-23420-1
定 价：48.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书，如有印制质量问题，请与本社教材图书营销部联系调换。电话：(010) 63550836

打击盗版举报电话：(010) 51873659

“中国战略性新兴产业——新材料”丛书

编 委 会

- 主 任：黄伯云（中国工程院院士、中国材料研究学会名誉理事长）
- 副 主 任：韩雅芳（教授、中国材料研究学会副理事长兼秘书长）
田京芬（中国铁道出版社社长、全国新闻出版行业领军人才）
- 编 委：李元元（中国工程院院士、中国材料研究学会理事长）
魏炳波（中国科学院院士、中国材料研究学会副理事长）
周 玉（中国工程院院士、中国材料研究学会副理事长）
谢建新（中国工程院院士、中国材料研究学会常务副理事长）
郑有料（中国科学院院士、南京大学教授）
李 卫（中国工程院院士、北京钢铁研究总院教授级高级工程师）
潘复生（中国工程院院士、中国材料研究学会副理事长）
姚 燕（教授、中国材料研究学会副理事长）
罗宏杰（教授、中国材料研究学会副理事长）
韩高荣（教授、中国材料研究学会副理事长）
唐见茂（教授、中国材料研究学会常务理事、咨询专家）
张新明（教授、俄罗斯工程院院士、俄罗斯宇航科学院院士）
朱美芳（教授、中国材料研究学会常务理事）
张增志（教授、中国材料研究学会常务理事兼副秘书长）
武 英（教授、中国材料研究学会常务理事兼副秘书长）
赵永庆（教授、中国材料研究学会理事）
李贺军（教授、中国材料研究学会理事）
杨桂生（教授、中国材料研究学会理事）
吴晓东（清华大学材料学院副研究员）

吴 玲(教授、国家新材料行业生产力中心主任)

尚成嘉(北京科技大学教授、中国材料研究学会理事)

徐志康(浙江大学教授)

杨 辉(浙江大学教授)

姜希猛(深圳清华大学研究院研究员)

赵 静(中国铁道出版社总编办主任)

责任编委:唐见茂

丛书主编:黄伯云

丛书副主编:韩雅芳

序

新材料是高技术和现代产业的基础和先导，对培育和发展战略性新兴产业、国家重大工程项目的建设以及可持续发展都具有重要的支撑和保证作用。在我国政府大力支持下，我国新材料在产业规模、技术进步、创新能力、应用水平等方面均取得了重大进展，自主的产业体系初步形成，具备了良好的发展基础。同时，从全球高新技术和新兴产业的发展前景看，新材料的基础地位和先导作用也越来越重要。

“中国战略性新兴产业——新材料”丛书是为贯彻落实国务院 2010 年颁布的《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》（国发〔2010〕32 号）而组织编著出版的。在国发〔2010〕32 号文中，新材料被列为我国七种重点发展的产业之一，其总体目标定位是：“大力发展稀土功能材料、高性能膜材料、特种玻璃、功能陶瓷、半导体照明材料等新型功能材料。积极发展高品质特殊钢、新型合金材料、工程塑料等先进结构材料。提升碳纤维、芳纶、超高分子量聚乙烯纤维等高性能纤维及其复合材料发展水平。开展纳米、超导、智能等共性基础材料研究。”本丛书由中国材料研究学会负责组织编著、中国铁道出版社出版，并成功入选“‘十二五’国家重点出版物出版规划项目”，获得 2016 年度国家出版基金资助。这是论述我国新材料发展战略的第一部系统性科技系列著作，代表了当代新材料发展的主流，对推动我国战略性新兴产业和可持续发展都具有重要的现实意义和深远的指导意义。

本丛书从发展国家战略性新兴产业的高度出发，重点选择了国发〔2013〕32 号文件鼓励的高性能结构材料、特种功能材料和高性能纤维及其复合材料，全面系统阐述了发展这些重点新材料的产业背景及战略意义，系统地论述了这些新材料的理论基础和应用技术、我国取得的最新研究成果、应用方向及发展前景，针对性地提出了我国发展这些新材料的主要方向和任务，分析了存在的主要问题，提出了相应的对策和建议，是我国近年来在新材料领域内具有领先水平的科技著

作丛书。丛书最大的特点是体现了一个“新”字：介绍和论述了我国材料领域取得的最新研究成果、开发的最先进材料品种和最新制造技术，所著内容代表当代全球新材料发展方向和主流。丛书既具有较高的学术性和技术先进性，同时对我国新材料产业发展也具有重要的参考价值。

中国材料研究学会是全国一级学术团体，具有资源、信息和人才的综合优势，多年来在促进材料科学进步、开展国内外学术交流、承接政府职能转移、提供新材料产业发展决策咨询、开展社会化服务等方面做了大量的、卓有成效的工作，为推动我国新材料发展发挥了重要作用。参加本丛书编著的作者都是我国从事相关材料研究和开发的一流的科研单位和院校、一流的专家学者，拥有数十年的科研、教学和产业开发经验，并取得了国内领先的科研成果，创作态度严谨，从而保障了本套丛书的内容质量。

本丛书的编著和出版是近年来我国材料研究领域具有足够影响的一件大事。我们希望，本丛书的出版能对我国新材料技术和产业发展产生较大的助推作用，也热切希望广大材料科技人员、产业精英、决策机构积极投身到发展我国新材料研发的行列中来，为推动我国新材料产业又好又快的发展做出更大贡献！

中国材料研究学会名誉理事长

中国工程院院士



2016年6月

前 言

“中国战略性新兴产业——新材料”丛书是中国材料研究学会组织编著的,被新闻出版广电总局批准为“十二五”国家重点出版物出版规划项目。

根据国务院《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》,新材料被列为我国战略性新兴产业之一。该丛书定位为:从战略性新兴产业的高度,着重论述该类新材料在国民经济和国防建设重大工程 and 项目中的地位 and 作用、技术基础、最新研究成果、应用领域及发展前景。其特点是体现一个“新”字,即在遵守国家有关保密规定的前提下论述当代新材料的最先进的工艺和最重要的性能。它代表当代全球新材料发展主流,对实现可持续发展具有重要的现实意义和深远的指导意义。丛书共 16 分册,涵盖了新型功能材料、高性能结构材料、高性能纤维复合材料等 16 种重点发展材料。本分册为《太阳能新材料》。

太阳能新材料产业是在当前快速增长的能源需求、日渐枯竭的自然资源、日益严峻的节能减排压力下发展起来的,并且必将在未来的几十年中继续保持快速的增长趋势。发展太阳能新材料是能源、环境的挑战带来的最佳机遇。

太阳能热利用是太阳能最早的应用方式,也是目前最广泛的应用方式。太阳能热利用的关键部件是太阳能集热器。中国已成为全球最大的太阳能热水器生产和使用国,对于节约能源、减少碳排放都发挥了重要的作用。太阳能热利用最重要的技术突破是太阳能选择性吸收涂层和保温隔热层的使用。选择性吸收涂层是一种对可见光和近红外光高吸收且对红外光区低发射的特种涂层,它为太阳能的现代利用奠定了技术基础;保温隔热材料保障了吸收的热量不会因热传导和对流而散失。

太阳能光伏发电是当前仅次于热利用的太阳能应用方式。在光伏制造领域,中国是全球第一光伏制造大国,2015 年多晶硅产量超过 16.5 万 t,硅片和电池片产量分别超过 100 亿片和 41 GW,组件产量达到 43 GW。在光伏应用方面,2015 年,中国新增光伏发电装机容量约 15 GW,全国光伏发电累计装机容量约 43 GW,首次超越德国成为全球第一光伏应用大国。当今,光伏发电材料以晶体硅技术为主,但是各类薄膜太阳能电池材料,例如 CIGS、CdTe 和钙钛矿等也极具发展潜力。

虽然中国是太阳能利用大国,但在太阳能新材料的研究和开发上,中国与发达国家仍

存在着明显的差距。有鉴于此,根据行业最新的发展,结合编者多年的研究,我们编著了本书,希望对从事本领域研究、开发、生产和应用的相关专业人员有所裨益。

本书介绍了各类典型太阳能新材料的发展历史、性能特点、生产工艺、市场现状,并对其发展趋势进行了预测。太阳能新材料种类繁多,本书着重论述了太阳能光热新材料中的透明隔热气凝胶、太阳能选择性吸收涂层和碳纤维材料,太阳能光伏新材料中的太阳能电池材料、光伏组件材料和光伏建材,以及太阳能应用中必不可少的储能材料。同时论述了发展我国太阳能新材料的产业背景、战略意义,以及在国民经济和国防建设重大工程中的地位 and 作用;提出了发展我国太阳能材料产业的主要任务及应对策略。

本书由姜希猛、崔明现、胡小冬、杨岍编著。其中,崔明现编著第1章、第2章;胡小冬编著第3章的3.1、3.2.1~3.2.4、3.3、3.4及第4章;杨岍编著第3章3.2.5~3.2.8。全书由姜希猛统稿。本书在编写过程中参考了大量的文献资料,在此对相关文献资料的作者致以诚挚的谢意。

由于技术发展迅速,加之编者水平所限,因此在内容取舍和文字编排中难免有不妥之处,敬请专家和读者批评指正。

编 者

2016年3月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 太阳辐射及太阳能资源的特点	1
1.1.1 太阳辐射	1
1.1.2 太阳能资源特点	2
1.2 发展太阳能新材料的产业背景及战略意义	2
1.2.1 快速增长的世界能源需求及节能压力	3
1.2.2 日益严峻的 CO ₂ 减排形势	4
1.2.3 太阳能等新能源的机遇	4
1.3 太阳能利用技术及新材料	6
1.3.1 太阳能热利用	6
1.3.2 太阳能热发电	9
1.3.3 太阳能光伏发电	11
1.3.4 日光照明	13
1.3.5 太阳能制氢	13
1.3.6 储能应用	14
1.4 太阳能新材料产业发展现状及前景展望	16
1.4.1 太阳能产业发展现状及预期	16
1.4.2 太阳能新材料及其发展方向	22
第 2 章 太阳能光热新材料	26
2.1 概述	26
2.2 透明隔热材料	27
2.2.1 新型透明隔热材料——气凝胶	27
2.2.2 SiO ₂ 气凝胶的制备方法	31
2.2.3 SiO ₂ 气凝胶常压干燥法参数对性能的影响	38
2.2.4 气凝胶用于太阳能集热器	41
2.2.5 气凝胶的应用领域及市场需求	45
2.2.6 气凝胶国内外产业现状	47
2.2.7 发展我国气凝胶材料产业的主要任务及应对策略	49

2.3 太阳能选择性吸收涂层	50
2.3.1 太阳能选择性吸收涂层简介	50
2.3.2 太阳能选择性吸收涂层分类	52
2.3.3 太阳能选择性吸收涂层制备方法	54
2.3.4 TiN_xO_y 涂层及其制备工艺	57
2.3.5 TiN_xO_y 性能改进研究	60
2.3.6 太阳能选择性吸收涂层的应用现状	64
2.3.7 现存问题与展望	66
2.4 碳纤维	66
2.4.1 空气式太阳能集热器与碳纤维	66
2.4.2 碳纤维材料空气式太阳能集热器	69
2.4.3 沥青基碳纤维的制备	70
2.4.4 碳纤维的市场现状及展望	70
参考文献	71
第3章 光伏材料	72
3.1 概述	72
3.2 太阳能电池材料	73
3.2.1 太阳能电池的发展概况	73
3.2.2 太阳能电池的工作原理	74
3.2.3 太阳能电池材料分类	75
3.2.4 晶体硅太阳能电池材料	76
3.2.5 硅基薄膜太阳能电池材料	109
3.2.6 碲化镉薄膜太阳能电池材料	119
3.2.7 铜铟镓硒薄膜电池材料	130
3.2.8 染料敏化太阳能电池材料	135
3.3 太阳能光伏组件材料	139
3.3.1 太阳能光伏玻璃	140
3.3.2 EVA	142
3.3.3 背板材料	144
3.3.4 黏接剂	145
3.3.5 涂锡焊带	146
3.3.6 助焊剂	147
3.4 光伏建材	148
3.4.1 概述	148
3.4.2 常用 BIPV 光伏组件的类型	149

3.4.3 光伏组件与建筑结合	151
3.4.4 BIPV 国内外发展趋势	158
参考文献	160
第 4 章 储能部件及材料	162
4.1 概述	162
4.2 储能电池	163
4.2.1 储能电池容量设计	163
4.2.2 铅酸蓄电池	165
4.2.3 镉镍蓄电池	169
4.2.4 镍氢蓄电池	169
4.2.5 锂离子蓄电池和磷酸铁锂蓄电池	170
4.2.6 光伏系统各储能电池性能比较	172
4.3 超级电容器	173
4.3.1 超级电容器的容量计算	173
4.3.2 超级电容器工作原理及特点	173
4.3.3 超级电容器材料及应用	175
4.4 混合储能装置	176
4.4.1 混合储能装置的连接方式	176
4.4.2 混合储能装置的特点	177
4.4.3 混合储能装置的研究与应用	177
4.5 太阳能储能部件的发展方向	178
参考文献	178

第1章 绪 论

21 世纪,环境、能源成为人类生存和可持续发展的重要因素。因此,发展新型的、绿色环保的可再生能源来代替传统的化石能源是经济和社会可持续性发展的重要途径。

太阳能作为新能源利用形式之一,清洁环保,取之不尽,用之不竭。目前太阳能在全球能源消费结构中所占的比例仍然很小。但是,在过去约 20 年中,随着全球应对能源危机及气候变化的积极行动,太阳能利用得到了前所未有的快速发展。行业的崛起带动了太阳能技术的进步,利用成本随之降低。现在,太阳能利用已经不仅仅是单纯的能源问题,更是探究环境问题的解决出路。而技术的不断进步和太阳能利用格局的创新是当前太阳能利用面临的两大课题。

1.1 太阳辐射及太阳能资源的特点

1.1.1 太阳辐射

太阳能本质上是一种具有光谱特征的电磁波。太阳辐射的能量集中在 $200\sim 2\,500\text{ nm}$ 的波长区域,其中可见光和近红外区域能量占据了最大的比重,约占太阳辐射总能量的 95%,如图 1-1 所示。大气层上界的太阳辐射由于不受大气影响,所以有一个比较恒定的数值,称为太阳常数,其值为 $(1\,367\pm 7)\text{ W/m}^2$ 。

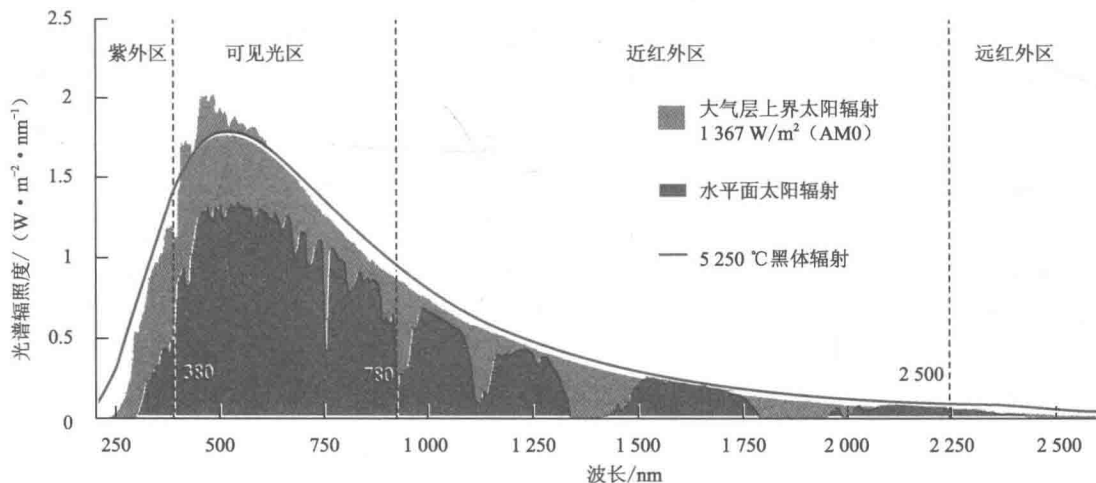


图 1-1 太阳辐射光谱

全球强太阳辐射地区通常位于大陆西部的热带地区,而不是赤道附近。干旱或半干旱地区的太阳辐射要强于热带或赤道湿热地区。

1.1.2 太阳能资源特点

太阳能作为最重要的可再生能源之一,其资源开发利用主要具有普及、清洁、经济的特点。

1.1.2.1 普及

虽然由于地理纬度的不同、气候条件的差异导致各地太阳能辐射不均匀,但是相比仅在部分地区存在的水能、潮汐能、地热能,太阳能对于大多数地区来说都可随取随用。这为常规能源和水资源缺乏地区提供了非常好的能源解决途径。

同样,相比于风能的区域性和不确定性,太阳能在多数地区的白天都比较稳定,无论是供热还是发电,在全年都会有比较稳定的输出。

1.1.2.2 清洁

太阳能和风能、潮汐能、地热能等清洁能源一样,其利用过程中几乎不产生污染,基本无 CO_2 排放。虽然在太阳能利用设备的制造过程中会有 CO_2 排放和产生少量污染,但这些 CO_2 排放相对其产生的能源来说可以忽略。

例如,在整个光伏产业链中,除了硅料生产环节,其他的中下游环节基本不存在污染。目前,全球80%以上的多晶硅都是采用“改良西门子法”生产。其最终副产物比例最大的是 SiCl_4 ,依靠目前国内的多晶硅技术生产条件,每生产1 kg多晶硅就要产生15~16 kg的 SiCl_4 ,而国际上则一般是8~10 kg。对于副产物,目前最具可行性和经济性的方式就是利用 SiCl_4 生产有机硅或气相 SiO_2 纳米材料,从而在很大程度上避免了污染。

光伏发电系统的能量回收期也是人们关注的重点。按照目前的技术水平,晶体硅电池的能量回收期约为1.6年,而光伏组件的设计使用寿命为25年。也就是说,生产出的太阳能组件在实现生产能耗回收后,几乎不用再消耗电量,可再发电约23年,并且没有任何污染物排放。事实上,即使25年之后,太阳能组件的发电效率大约相当于之前的70%~80%,仍可使用很长一段时间。

1.1.2.3 经济

在目前的技术水平下,太阳能利用已具有较好的经济性。例如,太阳能热水器、太阳能房,虽然一次性投入较高,但其使用过程不耗能,在生命周期的使用成本要远低于电热水器和燃气热水器。再如,太阳能发电系统,其度电成本已低于1元;根据补贴和安装形式的不同,经济回收期已缩短为3~8年,具有很高的经济性。而随着技术的发展和规模化应用,太阳能利用的经济性将会更加明显。

1.2 发展太阳能新材料的产业背景及战略意义

太阳能新材料产业是在当前快速增长的能源需求、日渐枯竭的自然资源、日益严峻的节能

减排压力下发展起来的,并且必将在未来几十年中继续保持快速的增长。

1.2.1 快速增长的世界能源需求及节能压力

1.2.1.1 饥渴的能源

世界能源需求始终处于上涨趋势。经过 2010 年的快速上涨后,由于经济危机的影响,世界能源需求已逐渐放缓。在过去约 10 年中,全球一次能源消耗年平均增长率为 2.5%。图 1-2 所示为 1990—2013 年全球一次能源的需求变化。2013 年,虽然经济发展停滞,但是全球一次能源消耗仍然增加了 2.3%,达到了历史最高的 522 EJ。(1 EJ=1×10¹⁸J)

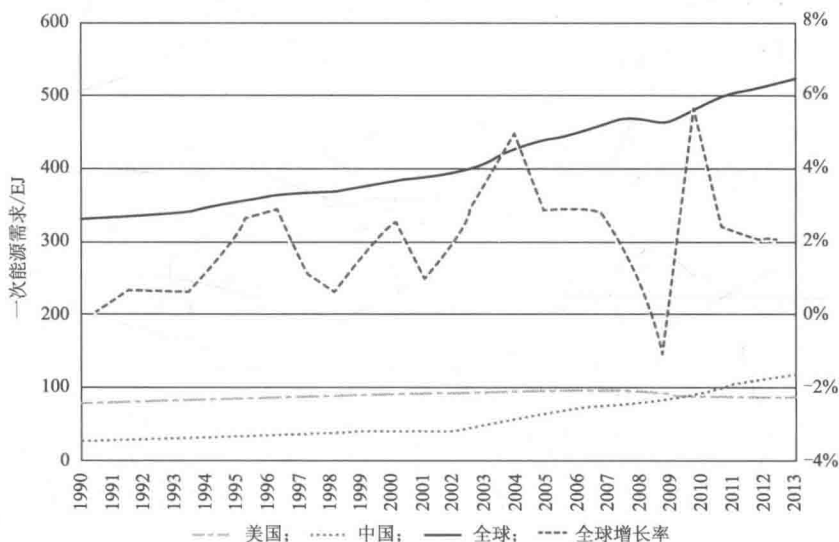


图 1-2 1990—2013 年全球一次能源的需求变化

过去 15 年,随着中国经济的快速扩张,能源问题尤为突出,其能源需求已对全球市场产生主导影响。2000 年,中国能源消费只有美国的一半,然而 10 年后,中国已经超越美国成为世界上最大的能源消费国。2013 年,中国更是超越美国成为世界第一的石油进口国,石油日消耗量约 1 010 万桶(占世界日消耗总量的 1/9);天然气年消费量达到 1 700 亿 m³,并且预计在 2020 年进一步提升至 4 200 亿 m³。与美国和其他工业发达地区煤炭需求下降不同,中国对煤炭的消费需求也日益增长。中国目前还是世界主要的煤炭消费国,其消耗量几乎等于世界其他国家和地区消耗量的总和。

根据国际能源署(International Energy Agency, IEA)预测,2011—2035 年中国能源需求的年增长率为 2.23%,高于 IEA 新政策情景下的 1.9%。到 2035 年,中国能源需求将占世界能源需求的 24%,而中国的能源需求增量将占世界能源需求增量的 38.5%。

1.2.1.2 节能压力

不断上涨的能源需求以及环境压力使得经济发展从过去的粗放型向集约型转变,节能减排成为经济发展的重要目标。社会对能源的需求按用途大致分为建筑(住宅和商业建筑)、工

业和交通。在这三大类别中,工业领域,循环经济是工业发展的趋势,从而实现能源和资源的节约;交通领域,以石油和天然气为主,节能潜力有限。因此,节能压力就落在了建筑领域。

建筑正在日益成长为能耗大户,全社会总能源的 20%~40% 需要用于建筑,并且建筑能耗比例仍在攀升。根据美国能源部的统计数据,美国建筑能耗占总能耗的比例 2000 年为 38%,2010 年已达 41%,预计在 2030 年达到 42%。

建筑行业面临着巨大的节能压力。为此,大多数国家和地区都制定了建筑节能的政策、法规来强制实现建筑节能。此外,许多国家和地区都在节能建筑、绿色建筑的基础上制订了净零能耗建筑的目标,即建筑使用的能量全由建筑自身的可再生能源利用来满足,不再从电网购电。虽然各国的目标时间不一,但大部分欧洲国家都将这一目标设定在 2020 年左右。

太阳能的利用是实现建筑的净零能耗目标的最重要的途径。如图 1-3 所示,空调和热水能耗占据了建筑能耗的 46%,完全可以通过太阳能的热利用来实现建筑的采暖、除湿、制冷和热水从而大幅降低能耗;太阳能光伏发电可以用来满足建筑对电力的需求;太阳能照明可以用来实现建筑的自然采光,降低建筑照明能耗。目前,许多太阳能充分利用的净零能耗示范建筑已经在运行中,并且规模在不断扩大。

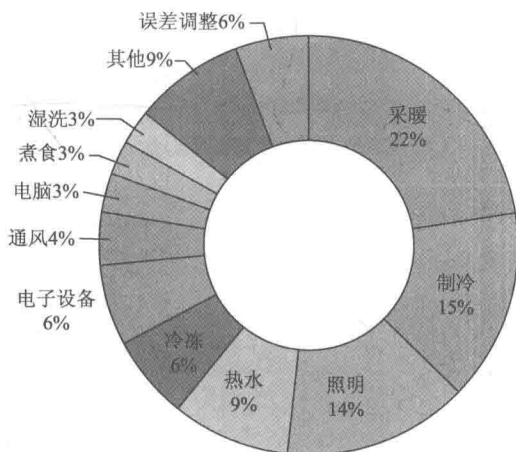


图 1-3 美国建筑一次能源最终用途

1.2.2 日益严峻的 CO₂ 减排形势

全球 CO₂ 减排压力巨大。虽然在过去的 10 年中,CO₂ 排放增速有所放缓,平均增速为 3.8%,但在 2013 年,排放总量已经达到了 35.3 Mt。

为了应对全球气候变化,在 2012 年的多哈会议上签订了《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC),部分发达国家给出了 2013—2020 年的减排承诺,55 个发展中国家签订了被称为国家适当减缓行动的气候公约,其中 16 个发展中国家制订了经济层面量化减排目标。

中国在未来的 5 年中面临着巨大的减排压力。根据公约无条件承诺,相比 2005 年的排放水平,到 2020 年碳排放强度(单位 GDP 排放量)要减少 40%~45%。为此,我国于 2007 年 6 月制定了《中国应对气候变化国家方案》,将通过法律、经济、行政等手段节能减排。中国已连续 3 年在政府工作报告中设定了节能减排目标。但是距离实现碳排放强度的目标还有很长的路要走。

1.2.3 太阳能等新能源的机遇

节能减排既是挑战,更是机遇。节能减排的主要途径有两个方面:降低建筑物、工业等领域的能源消耗,以及使用可再生能源。这带动了太阳能等新能源产业在过去 15 年中的快速发

展,可再生能源发电量 2006—2013 年年平均增长率为 5.6%,并且将在未来 5 年保持 5.8% 的年增长率,在 2018 年达到 6 850 TW·h,到 2025 年实现可再生能源占全球总发电量的 35%,如图 1-4 所示。根据 IEA 的统计,可再生能源投资从 2000 年的 600 亿美元剧增到 2011 年的 3 000 亿美元。并且根据其预测,2015—2035 年,用于可再生能源的新增投资将会达到 6 万亿美元。在所有新能源类别中,虽然水电目前仍占据了可再生能源的统治地位,但是太阳能等其他新能源增长迅速,装机容量年平均增速高达 49%。2014 年光伏发电装机容量已占全球新能源发电累计装机容量的 28.9%。未来 10 年中,太阳能发电所占比重还将继续增加,如图 1-5 所示。

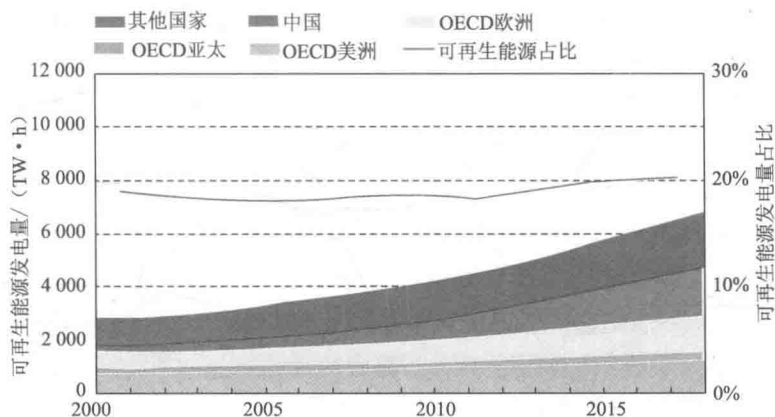


图 1-4 2000—2025 年全球可再生能源发展及预期
注:OECD 即世界经济合作与发展组织,简称经合组织。

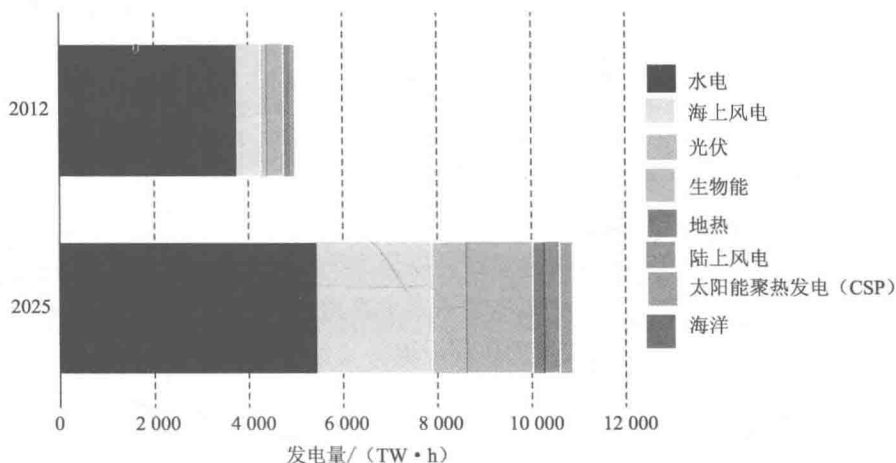


图 1-5 全球各类可再生能源发电量

中国可再生能源存在着巨大的发展空间。为了实现节能减排目标,到 2020 年中国需要把非化石能源的占比提高到 15%,可再生能源(包括水能、太阳能、风能、生物质能等)的装机容量提高到 700 GW,太阳能热水器增加到 8 亿 m^2 。